ZUM FEINEREN BAU

DER

PERIPHEREN MARKHALTIGEN NERVENFASER.

INAUGURAL-DISSERTATION

VERFASST UND DER

HOHEN MEDICINISCHEN FACULTÄT

DER

KÖNIGL. JULIUS-MAXIMILIANS-UNIVERSITÄT WÜRZBURG

ZUR

ERLANGUNG DER DOCTORWÜRDE

IN DER

MEDICIN, CHIRURGIE UND GEBURTSHILFE

VORGELEGT VON

EDUARD JACOBI
CAND. MED.

WÜRZBURG
DRUCK DER STAHEL'SCHEN BUCHDRUCKEREI.
1886.

REFERENT: HERR GEHEIMRATH PROF. Dr. v. KÖLLIKER.

Unsere Erkenntniss des feineren Baues der markhaltigen Nervenfaser beginnt eigentlich erst in den 30er Jahren dieses Jahrhunderts. Wenn auch vor dieser Zeit *Fontana* in seinen vorzüglichen Untersuchungen die „Kügelchentheorie" der früheren Gelehrten, die sich die Nervenfaser als aus bunt durcheinander gewürfelten Kügelchen von der Grösse $^1/_2$—$^1/_8$ Blutkörperchens zusammengesetzt vorstellten, vollständig widerlegte, so dauerte es doch noch 40 Jahre, bis seine Resultate genügend gewürdigt wurden. *Fontana*[1]) beschreibt die Nerven als „bestehend aus einer grossen Anzahl durchsichtiger, homogener, gleichförmiger, sehr einfacher Cylinder, die von einer sehr feinen, einförmigen Haut gebildet zu sein scheinen, welche, soviel das Auge davon urtheilen kann, mit einer durchsichtigen, gallertigen, in Wasser unauflöslichen Substanz ausgefüllt ist. Ein jeder dieser inneren Cylinder, unser Axencylinder, bekommt eine Hülle in Gestalt einer äusseren Scheide, die nach heutiger Auffassung neben den Endoneuralscheiden die Schwann'sche Scheide und das Mark umfasst".

Fontana's Entdeckungen wurden zum Theil bekämpft, zum Theil vollständig vergessen, so dass *Remak* das Verdienst gebührt, diese Structur der Faser neu entdeckt und ihr die allgemeine Geltung verschafft zu haben. *Remak* und mit ihm fast gleichzeitig *Rosenthal* und *Purkinge*, beschrieb den „axialen Faserstrang", bald darauf Axencylinder genannt, als deutlich, vielleicht durch eine Membran vom Mark getrennt. Sehr bald nachher wurde

---

[1]) *Kuhnt*, die markhalt. periphere Nervenfaser. Inaug.-Dissert. Würzburg. 1876. Ich habe zur Darstellung der Literatur bis zum Jahre 1875 *Kuhnt*'s schöne Arbeit benutzt.

ein dritter Bestandtheil der Nervenfaser gefunden, nämlich die von *Schwann* entdeckte und nach ihm benannte Scheide. Während das Vorhandensein der Schwann'schen Scheide von allen Seiten bestätigt und allgemein anerkannt wurde, entbrannte ein heftiger Kampf über die Präexistenz des Axencylinders und die grössere Zahl der Gelehrten hielt ihn unbedingt für ein Product der Zersetzung des Inhaltes der Nervenröhre, da er immer erst nach dem Tode oder bei Anwendung gewisser Reagentien beobachtet werden konnte. Besonders war es *Henle*, der *Remak*'s Ansicht energisch bekämpfte und mit Hinweis auf die vielfachen Veränderungen, die das Mark bei der Gerinnung zeigt, vor Täuschungen warnte. Dieser Abläugnung eines präformirten „Primitivbandes" trat *Kölliker*[1]) 1850 entgegen, indem er auf das Herausragen des Axencylinders aus zerzupften Nervenfasern, sowie auf das Hervorquellen, besonders beim Betupfen frischer Nervenstämmchen mit Eisessig hinwies und durch genaueste mikrochemische Untersuchungen die chemische Zusammensetzung des Axencylinders als eine den Proteïnsubstanzen ähnliche, vom Fibrin jedoch unterschiedene feststellte. Ferner suchte *Remak* selbst auf der Naturforscherversammlung zu Wiesbaden im Jahre 1853 seine Ansicht zu weiterer Geltung zu bringen, indem er das „Primitivband" als schlauchförmig schilderte und die Existenz einer Axencylinderscheide betonte. „Der normale Axencylinder liegt der Markscheide eng an und schrumpft nur unter der Einwirkung verschiedener Reagentien zu dem der Autoren zusammen. Die dünne, aber feste Wand des Axencylinders zeigt ferner eine regelmässige Längsfaserung."

Die nächste Zeit brachte nicht viel Neues über den Bau der Nervenfaser, abgesehen von *Stilling*, der eine Zusammensetzung der Faser aus einem Netz feinster Elementarröhrchen, die mit einander anastomosiren und sich theilen, annahm. Der Axencylinder besteht nach ihm „aus mindestens drei Schichten, deren jede eine Menge feinster Röhrchen abgiebt, welche mit dem Netze der peripheren, sowie auch mit benachbarten Fasern in Verbindung treten". Seine Ansicht wurde bald als unhaltbar und nur durch Kunstproducte der Chromsäure verursacht, widerlegt.

---

[1]) *Kölliker*, mikroskopische Anatomie 1850.

Der nächste grössere Fortschritt in der Kenntniss der Nervenfaser war die Entdeckung *Max Schultzes*, dass der Axencylinder aus feinsten Fibrillen zusammengesetzt ist. Während *Waldeyer*, *Kölliker*, *Henle* und *Beale* für die Homogenität des runden Axencylinders eintraten, veröffentlichte *Max Schultze*[1]) im Jahre 1862 seine berühmte Arbeit über den Bau der Nasenschleimhaut, in welcher er im Gegensatz zu der Ansicht von einem homogenen Axencylinder hervorhebt, dass „sich die Olfactoriusfasern der Säugethiere, Fische, Vögel und Amphibien an der Peripherie in feinste Fibrillen auflösen, dass aber auch schon im Verlauf der Primitivfasern ein fibrillärer Bau andeutungsweise zu sehen sei und dass sich endlich die Primitivfasern, wie auch die Primitivfaserbündel an ihrem Ursprunge aus dem Bulbus olfactorius aus Fäserchen zusammensetzen, welche die Feinheit derjenigen Fibrillen haben, in welche die Nerven an der Peripherie zerfallen."

Wenn auch *Frommann*[2]) vorher in seiner Arbeit über die bis jetzt noch nicht genügend erklärte Querstreifung des Axencylinders bei der Behandlung von Nervenfasern mit Argentum nitricum von feinen Fibrillen spricht, die bisweilen zwischen den in Reihen angeordneten Körnern sich finden, so ist doch seine Angabe so unbestimmt und ohne jeden Nachdruck gefasst, dass das Verdienst *Max Schultze's*, die Fibrillentheorie aufgestellt und verfochten zu haben, hierdurch nicht geschmälert wird. *Max Schultze* erkannte auch richtig, dass der Inhalt der ganzen Faser, abgesehen von der ganz schmalen, doppeltcontourirten Markscheide als Axencylinder anzusprechen ist, während *Henle* und mit ihm die meisten anderen Forscher den Axencylinder als kaum die Hälfte der Faser einnehmend schilderten.

Von nun an machten sich dreierlei Ansichten geltend: *Henle* und seine Schule hielten ihre Ansicht von der Homogenität des Axencylinders aufrecht, *Max Schultze* und seine Anhänger betonten die fibrilläre Structur desselben, während eine dritte, von *Remak* ausgehende Ansicht die war, dass der Axencylinder vom Mark durch eine Scheide getrennt sei. Dieser letzteren Ansicht

---

1) *Max Schultze*, Untersuchungen über den Bau der Nasenschleimhaut. 1862. Halle.

2) *Frommann*, zur Silberfärbung des Axencylinders. Virchow's Archiv. Band 31.

schlossen sich wiederum zwei Richtungen an, von denen eine den Axencylinder als homogen, die andere als fibrillär ansah. Von dieser letzteren Richtung ist besonders *H. D. Schmidt*[1]) zu erwähnen, nach dessen Meinung die Fibrillen aus Reihen feinster Körnchen von minimalem Durchmesser bestehen. Er schloss hieraus und aus der Querstreifung bei Silberbehandlung auf eine Analogie mit den Muskelfibrillen und gründete darauf seine Lehre von den nervous elements, eine Lehre, die allerdings alsbald auf das heftigste bekämpft wurde und wohl als wiederlegt zu betrachten ist. Nur *Arndt*[2]), wie ich gleich an dieser Stelle erwähnen will, geht auf diese Lehre zurück und sieht in diesen Körnchen zu Reihen angeordnete Elementarkörperchen, die in dem „Protoplasmafaden", wie er den Axencylinder nennt, ganz zerstreut entstehen und darnach erst in Reihen zusammentreten. Was andere Forscher für Fibrillen ansehen, erklärt er für homogene Grundsubstanz.

Schon vor der Arbeit von *Schmidt* hatte *Ranvier* unsere Kenntnisse über den Bau der peripheren markhaltigen Nervenfaser um ein Bedeutendes erweitert. Er wies nämlich nach, dass die schon oft gesehenen, aber stets für Zufälligkeiten oder Kunstproducte gehaltenen Unterbrechungen der Markscheide zu den regelmässigen Vorkommnissen gehören und dass diese „anneaux constricteurs" sich in gewissen Abständen an derselben Faser vorfinden, so dass diese dadurch in Segmente von einer ziemlich gleichen Länge getheilt wird. Zwischen den einzelnen Einschnürungen liegt je ein Kern, der zwischen Schwann'scher Scheide und Markscheide liegt und von wenig Protoplasma umgeben ist. *Ranvier* fasst die Schnürstelle als Ernährungsstelle auf und vergleicht die Markscheide mit Kern, Protaplasma und Neurilemm mit der Fettzelle.

Wenn auch einzelne Forscher noch an *Ranvier*'s Entdeckung nicht glaubten, so fand sie doch bald allgemeine Anerkennung, da gewichtige Stimmen sie bestätigten, so besonders *Axel Key* und *Retzius*, *Mayer* und Andere.

---

[1]) *H. D. Schmidt*, Synopsis of the principal facts elicited from a series of mikroskop. researches upon the nerv tissues in Monthly mikroskop. journ. T. XII. 1874.

[2]) *Arndt*, Etwas über den Axencylinder der Nervenfasern. Virch. Archiv. 73ter Bd. 1879.

So glaubte man wieder einmal, wie schon öfter, die vollständige Structur der markhaltigen Nervenfaser zu kennen und die nächsten Forscher beschäftigten sich nur damit, die Ansichten ihrer Vorgänger zu commentiren und weiter auszubilden. Erwähnen will ich hier nur die Arbeit von *Henle* und *Merkel*[1]), welche die Zersetzung der Markscheide beim Liegen in Alkohol beschreiben und Bilder erhalten, die mit den von *Lantermann* später gefundenen Marksegmenten im engsten Zusammenhang stehen. Diese Structur der Markscheide, nämlich ihre Zusammensetzung resp. Zerlegung in eine Reihe kleiner Segmente wurde von mehreren Mikroscopikern gleichzeitig entdeckt. Zunächst fand *Zawerthal*[2]) im physiologischen Institut zu Neapel diese merkwürdige Theilung des Markes und beschrieb und zeichnete sie richtig, beging aber den Irrthum, die Markscheide mit der Schwann'schen Scheide zu verwechseln, so dass er die Einkerbungen als letzterer angehörig sich vorstellte. Gleichzeitig und unabhängig von ihm machte dieselbe Entdeckung *H. D. Schmidt*[3]), der die Segmente als der Markscheide angehörig erkannte, aber ihr Entstehen auf Faltungen derselben zurückführte. Am richtigsten wurden diese Bildungen von *Lantermann*[4]) erkannt und zunächst in einer kleinen Mittheilung, der er dann später eine ausführliche Abhandlung folgen liess, beschrieben. Schliesslich nimmt noch *Boll*[5]), der einige Zeit darauf eine grössere Arbeit über Zersetzungsbilder der markhaltigen Nervenfasern veröffentlichte, für sich in Anspruch, diese Segmente unabhängig von den anderen Entdeckern gesehen und richtig beurtheilt zu haben. *Lantermann* glaubte aus dem häufigen Vorkommen von Kernen aus Neurilemm darauf schliessen zu müssen, dass jedem seiner Segmente ein Kern zukomme und somit diese, nicht aber die zwischen zwei Schnürringen gelegenen Abschnitte der Markscheide den Werth einer Zelle haben. Gegen diese letztere Ansicht, sowie

---

1) *Henle* und *Merkel*, Zeitschrift für rationelle Medicin Bd. XXXIV.

2) *Zawerthal*, Contribuzione allo studio anatomico della fibra nervosa. — Rendiconte della R. Academia delle scienze fisiche e matematiche. Marzo 1874.

3) *H. D. Schmidt*, On the construction of the dark or doublebordered nerve fibre. Monthly microscopial Journal. May 1874.

4) *Lautermann*, Bemerkungen über den feineren Bau der markhaltigen Nervenfasern. Centralblatt der medicin. Wissensch. 1874.

5) *Boll*, Ueber Zersetzungsbilder der markhaltigen Nervenfasern. Archiv für Anatomie und Entwicklungsgesch. 1877.

gegen die ganze *Lantermann*'sche Theorie wendete sich *Toel*[1]), indem er für Säugethiere, Vögel und Amphibien nachwies, dass zwischen zwei Einschnürungen immer nur ein Kern liegt, während die Fische allerdings eine grössere Anzahl Kerne in einem intraannulären Abschnitt aufweisen. Die *Lantermann*'schen Segmente verwirft er als Kunstproducte.

Ob diese Segmente überhaupt eine Folge der Zersetzung, resp. der Einwirkung der Reagentien, oder ob sie präexistirend sind, darüber gehen die Meinungen der Forscher bis in die Jetztzeit auseinander.

So trat in der nächsten Zeit *Kuhnt*[2]) mit aller Bestimmtheit für die Präexistenz dieser Hohlcylinder oder Becher, wie er sie nennt, ein, indem er auf ihre Darstellbarkeit durch die verschiedensten Reagentien sowie auf ihr Vorhandensein an der lebenden Faser hinwies. Gegen ihre Auffassung als Kunstproduct spreche die grosse Regelmässigkeit der Bildung an sich, sowie das häufige Abwechseln längerer und kürzerer Becher an ein und derselben Faser. Eine Zusammensetzung des Markes aus Stäbchen, die *Lantermann* noch in seiner Mittheilung erwähnt, weist *Kuhnt* als Artefact der Osmiumsäure zurück.

Wenden wir uns nun wieder zum Axencylinder, so müssen wir zunächst einer kleinen Arbeit *Fleischl*'s[3]) gedenken, der den Axencylinder für eine Flüssigkeitssäule erklärt. Er schliesst dies aus der bedeutenden Volumsveränderung, die derselbe je nach Anwendung der verschiedenen Reagentien erleidet. Auch *Kuhnt* glaubt nicht an eine Zusammensetzung aus Fibrillen, schildert aber den Axencylinder als „homogene, fast weiche, ziemlich elastische, bald fein, bald grob granulirte Masse". Die fibrillär erscheinende Streifung hält er für Falten der Axencylinderscheide, für deren Existenz er mit Bestimmtheit eintritt. In einer späteren Mittheilung[4]) spricht er über eine Zwischenmarkscheide, d. h. über eine, zwischen den einzelnen *Lantermann*'schen Segmenten ausgespannte, die Schwann'sche Scheide mit der Axencylinderscheide verbindende Membran.

---

[1]) *Toel*, Die Ranvier'schen Schnürringe markhaltiger Nervenfasern und ihr Verhältniss zu den Neurilemmkernen. Inaug.-Dissert. Zürich 1875.

[2]) *Kuhnt*, l. c.

[3]) *Fleischl*, über die Beschaffenheit des Axencylinders. Festgabe an Carl Ludwig. Leipzig 1875.

[4]) *Kuhnt*, Centralblatt der medicin. Wissenschaften 1876 Nr. 49.

Mit einer ganz neuen Theorie über den Axencylinder trat nun *Engelmann*[1]) auf, indem er aus den häufigen Zerreissungen des Axencylinders an der Stelle des Schnürringes bei der Präparation von Silbernerven auf eine Discontinuität desselben an dieser Stelle schloss. Er nimmt also an, dass Axencylinder, Markscheide und Schwann'sche Scheide mit Kern eine Zelle bilden. Mehr noch als das Verhalten der Silbernerven bringen ihn zu dieser Ansicht die Vorgänge am durchschnittenen Nerven. „Im durchschnittenen Nerven pflanzt sich der Entartungsprocess von der verletzten Stelle aus — im centralen Stück in centripetaler, im peripherischen in centrifugaler Richtung — innerhalb jeder Nervenfaser bis zur nächsten *Ranvier*'schen Einschnürung fort; diese wird aber niemals überschritten." Ich will an dieser Stelle gleich bemerken, dass die aus den Silberbildern geschöpften Beweise für die Discontinuität des Axencylinders keine Beachtung fanden, so dass *Engelmann* sich veranlasst sah, einige Jahre später noch einmal darauf zurückzukommen[2]). Inzwischen hatte er sich von der fibrillären Structur des Axencylinders überzeugt und kommt schliesslich zu dem Resultate, dass die Discontinuität des Axencylinders entschieden präformirt sei, dass aber die einzelnen Fibrillen sich im Schnürring so innig in der Längsrichtung aneinander legen, dass es den Anschein hat, als ob sie ohne Unterbrechung durch die Einschnürung hindurchzögen. *Engelmann* kam zu dieser Ansicht hauptsächlich durch die Silberbehandlung des Nerven, eine Behandlung, die leicht Veranlassung zu den schwersten Irrthümern werden und den nicht streng kritisirenden Beobachter durch manche Kunstproducte täuschen kann.

Durch bei der Behandlung der Nerven mit Alkohol und Aether entstandene Artefacte liessen sich *Ewald* und *Kühne*[3]) täuschen, indem sie das bei dieser Behandlung im Mark auftretende zierliche Netzwerk als präformirt ansahen und da es in Trypsin nicht verdaut wurde, also dem Keratin nahe verwandt schien, „Neurokeratingerüst" nannten. Ausserdem erkannten sie der Nervenfaser eine äussere und eine innere Hornscheide zu.

---

1) *Engelmann*, über Degeneration von Nervenfasern. Ein Beitrag zur Cellularphysiologie. Onderz. physiol. lab. Utrecht Derde R IV 1877.

2) *Engelmann*, über die Discontinuität des Axencylinders und den fibrillären Bau der Nervenfasern. Onderz. Phys. Lab. Utrecht Deel V. Afl. 3 III.

3) *Ewald* und *Kühne*, ein neuer Bestandtheil des Nervensystems. Verhandl. des naturhist.-medic. Vereins zu Heidelberg. Bd. I. Heft V.

Schon *Kölliker*[1]) hatte das Netz im Mark gesehen und richtig als Kunstprodukt beurtheilt. Die Ansicht von *Ewald* und *Kühne* fand einen Vertheidiger in *Rumpf*[2]), der auch durch Wasser das Gerüst hervorrufen zu können glaubte, die meisten Gelehrten aber wandten sich mit den schlagendsten Beweisen gegen diese Gebilde, so dass jetzt wohl diese Ansicht als vollständig widerlegt betrachtet werden kann. Ich will hier nur die Arbeiten von *L. Gerlach*[3]), der durch die verschiedene Anwendungsweise des Alkohols verschiedene Formen des Gerüstes hervorrufen konnte und *Waldstein* und *Weber*[4]), die an dem aus der Scheide herausgetretenen Mark noch dieses Gerüst darstellen konnten, erwähnen. Mit ähnlichen schwerwiegenden Gründen treten auch *Hesse*[5]) und *Pertik*[6]) auf.

Speziell mit den serösen Räumen und den Häuten des centralen und peripherischen Nervensystems beschäftigten sich *Key* und *Retzius*[7]) und zwar schon im Jahre 1872 in einer kleineren Arbeit, der sie dann 1876 ihren mit prachtvollen Abbildungen ausgestatteten Atlas folgen liessen. Sie berühren dabei auch den Bau der Nervenfasern und sind der Meinung, dass es neben den von *Ranvier* entdeckten Schnürringen auch unvollständige Einschnürungen gibt, das heisst solche, an welchen die Markscheide nicht unterbrochen ist, sondern nur dünner wird. Zwischen zwei Schnürringen ist immer nur ein Kern, der von einer länglichen Protoplasmascheibe umgeben ist. Die Schwann'sche Scheide sehen sie im Schnürringe leicht verdickt und halten diese Stelle für die Grenze, an der die die Schwann'sche Scheide bildenden Zellen sich zusammensetzen.

---

[1]) *Kölliker*, l. c.

[2]) *Rumpf*, zur Histologie der Nervenfaser und des Axencylinders. Untersuch. aus dem physiolog. Institut der Universität Heidelberg II. 2.

[3]) *Gerlach*, zur Kenntniss der markhaltigen Nervenfaser. Tagebl. der 51. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte in Cassel. 1878.

[4]) *Waldstein* et *Weber*, études histochimiques sur les tubes nerveux à myeline. Laboratoire d'Histologie du Collége de France. 1882.

[5]) *Hesse*, zur Kenntniss der peripheren markhaltigen Nervenfaser. Archiv für Anat. und Physiol. Anatom. Abthlg. 1879.

[6]) *Pertik*, Untersuch. über Nervenfasern. Archiv für mikroscop. Anatomie Bd. XIX.

[7]) *Key* und *Retzius*, Studien in der Anatomie des Nervensystems, übersetzt im Archiv f. mikroscop. Anatomie Bd. IX.

Dieselben, Studien in der Anatomie des Nervensystems und des Bindegewebes, Stockholm 1876.

Eine wesentliche Förderung erfuhr unsere Kenntniss vom Bau der Nervenfasern durch die ausgezeichneten Beobachtungen *Hans Schultze*'s [1]), der durch Untersuchungen am lebenden Object, in Jodserum, physiologischer Kochsalzlösung, Chromsäure und deren Salzen, Osmiumsäure, Schwefelsäure, Oxalsäure und Argentum nitricum zu dem Resultate kommt, dass es, „mit den verschiedensten Reagentien gelang, den Axencylinder der markhaltigen Nervenfaser . . . der Wirbelthiere in Fibrillen zu zerlegen; dass es demnach höchst wahrscheinlich ist, dass diese Primitivfibrillen einem im Leben vorhandenen, präformirten Structurelement entsprechen. Es scheinen lediglich gewisse Ursachen (hauptsächlich der blendende Randreflex der Markscheide) zu sein, welche ihre scharfe Erkennung am lebenden Object so sehr erschweren. Andeutungsweise ist die fibrilläre Structur auch an der lebenden Faser gesehen worden". Als zwischen den Fibrillen vorhanden, nahm er eine körnige, von Silber stahlblau gefärbte Substanz (vielleicht eine Silber-Albuminatverbindung) an. Eine Axencylinderscheide constatirt *Hans Schultze* sicher und vermuthet, dass sie mit der inneren Hornscheide von *Ewald* und *Kühne* [2]) identisch ist, eine Ansicht, die indessen *Kühne* [3]) bestreitet, indem er aus dem Heraustreten der Scheide des Axencylinders zugleich mit diesem bei der Behandlung mit verschiedenen Reagentien schliesst, dass das „Axolemm" die innere Hornscheide nicht sein kann. Durch die Arbeit von *Hans Schultze* wurde die von *Max Schultze* aufgestellte Fibrillentheorie, die etwas in Vergessenheit gerathen war, wieder an das Licht gezogen und zu fast allgemeiner Geltung gebracht.

Boll [4]) hatte schon vor dieser Arbeit die Veränderungen, die die Nervenfaser in den verschiedenen Reagentien erleidet, untersucht, war aber in Bezug auf den Axencylinder zu wesentlich anderen Schlüssen gelangt. Nach ihm besitzt der Axencylinder einen fast flüssigen Aggregatzustand, was einerseits aus der von ihm an frischen Nerven vom Torpedo beobachteten Molekularbewegung, andrerseits aus der „an den in physiologischer Koch-

---

1) *Hans Schultze*, Axencylinder und Ganglienzelle. Archiv für Anatomie und Entwicklungsgesch. 1878.

2) *Ewald* und *Kühne* l. c.

3) *Kühne* u. *Steiner*, Beobachtungen über markhaltige und marklose Nervenfasern. Untersuch. aus dem physiol. Institut der Univerität Heidelberg Bd. III.

4) *Boll*, l. c.

salzlösung untersuchten Nervenfasern unter den Augen des Beobachters eintretenden Bildung eines federseelenartigen Gerinnsels" hervorgehen soll. Die Schwann'sche Scheide läuft nach ihm als vollständig geschlossenes Rohr auch über die *Ranvier*'schen Schnürringe hinweg, an welchen Stellen sie eine Verdickung ihrer Substanz zeigt. Ueber die *Lantermann*'schen Einkerbungen herrschen noch immer bedeutende Meinungsverschiedenheiten; während *Boll* sie unbedingt für präformirt anerkennt, hält sie *Hennig* [1]), der übrigens auch unvollkommene Einschnürungen annimmt, da er die Segmente an der lebenden Faser nicht constatiren konnte, für Kunstproducte.

Auf eine schon im Jahre 1862 von *Mauthner* vertretene Ansicht, nämlich dass am Axencylinder sich eine hellere Schicht befindet, die eine besondere Scheide darstellt, geht *Ranvier* [2]) in seinen Leçons sur l'histologie du système nerveux zurück und schildert das Verhalten dieser *Mauthner*'schen Scheide folgendermassen: Unter der Schwann'schen Scheide befindet sich eine Protoplasmaschicht, die sich am Schnürringe auf den Axencylinder umschlägt, um auf diesem die *Mauthner*'sche Scheide zu bilden. Zwischen diesen Protoplasmaschichten befindet sich das Nervenmark, das seinerseits wieder durch feine Protoplasmaschichten, die der Zwischenmarkscheide *Kuhnt*'s entsprechen, in die *Lantermann*'schen Segmente, die *Ranvier* mit aller Sicherheit am lebenden Object sieht, getheilt wird. Für die fibrilläre Structur des Axencylinders tritt *Ranvier* mit Bestimmtheit ein und betont besonders die deutliche Punktirung auf dem Querschnitt des electrischen Nerven von Torpedo.

Zu ganz eigenthümlichen Resultaten gelangt *Rumpf* [3]), der das Verhalten der Nervenfaser von physiologisch-chemischen Gesichtspunkten aus prüfte und fand, dass der Axencylinder sich in Serum, Wasser, physiologischer Kochsalzlösung und verschiedenen anderen Reagentien nach längerer Einwirkung vollständig löst. Eine fibrilläre Structur hält er in Folge seiner sehr eingreifenden und zerstörenden Behandlungsweise für eine Folge der Faltung der Scheide des Axencylinders, vertritt aber die Lehre

[1]) *Hennig*, die Einschnürungen und Unterbrechungen der Markscheide an den markhaltigen Nervenfasern. Dissertation. Königsberg 1877.

[2]) *Ranvier*, leçons sur l'histologie du système nerveux.

[3]) *Rumpf*, l. c.

von einem Horngerüst mit innerer und äusserer Hornscheide. Seine Ansichten wurden sehr bald widerlegt von *Hesse*[1]), der das Aufquellen und Austreten des Axencylinders aus kurzen Nervenfaserstückchen im Wasser beschrieb und annahm, dass dadurch der Irrthum *Rumpf*'s hervorgerufen sei. Ueber die Markscheide bringt *Hesse* insofern neue Ansichten, als er sie am Schnürring nicht durch eine anders geartete Substanz, wie eine Protoplasmaschicht nach *Ranvier* unterbrochen sieht, da sie an dieser Stelle beim Ausströmen keinen besonderen Widerstand findet, im Gegensatz zu *Rawitz*[2]), der kurz vorher den Satz aufgestellt hatte, dass „die *Ranvier*'sche Einschnürung im lebenden Organismus durch einen Ring blasser Substanz gebildet wird, der den Axencylinder umgiebt, die Continuität des Markes unterbricht und Flüssigkeiten leicht diffundiren lässt. Die Schwann'sche Scheide ist an dieser Stelle durch einen ringförmigen, das Lumen der Faser verengenden Wulst verdickt." Darin stimmen *Rawitz* und *Hesse* überein, dass die *Lantermann*'schen Einkerbungen „Zersetzungsbilder" und Zeichen der schrumpfenden Nervenfaser sind. Im directesten Widerspruch hiermit berichtet *Koch*[3]), dass es ihm gelang, durch eine besondere Modification der Silbermethode die Trichter zwischen den Marksegmenten zu färben und da Silber nur Kittsubstanzen färbt, schliesst er daraus, dass er es hier weder mit einer Membran, noch mit einer Protoplasmaschicht, sondern eben mit einem Kitt zu thun hat. Der am Schnürring erkennbare Ring heller Substanz gehört nach *Lavdovsky*[4]) nicht der Schwann'schen Scheide, sondern der Axencylinderscheide an, da er sich im Zusammenhang mit dem Axencylinder, der aus deutlichen Fibrillen besteht, isoliren lässt.

Von wesentlich anderen Gesichtspunkten als alle früheren Untersucher der Markscheide geht *Pertik*[5]) aus, indem er die bei

---

[1]) *Hesse*, l. c.

[2]) *Rawitz*, die *Ranvier*'schen Einschnürungen und *Lautermann*'schen Einkerbungen. Archiv für Anatomie und Physiologie 1879.

[3]) *Koch*, über Marksegmente der doppeltcontourirten Nervenfaser und deren Kittsubstanz. Inaug.-Dissert. Erlangen.

[4]) *Lavdovsky*, zum Nachweis der Axencylinderstructur-Bestandtheile der markhaltigen Nervenfasern. Centralbl. für die medicin. Wissensch. 1879. Nr. 48 und 49.

[5]) *Pertik* l. c.

der Behandlung der Virchow'schen myelogenen Extracte[1]) entstehenden Erscheinungen mit den durch die gleichen Reagentien am Nervenmark hervorgerufenen Bildern vergleicht. In seiner werthvollen Arbeit interessirt uns besonders die Angabe, dass die Osmiumsäure, die man seit *Ranvier* für ein absolut sicheres Fixationsmittel des Nervenmarkes gehalten hatte, sich mit diesem nur unter Bildung von Myelinformationen verbindet, eine Ansicht, der *Boveri*[2]) widerspricht, indem er nachweist, dass bei dem richtigen Concentrationsgrad die Osmiumsäure keine Myelinformen bildet, dass diese vielmehr auf die Nebenwirkung des Wassers zurückzuführen sind.

Ehe ich nun zu meinen eigenen Untersuchungen übergehe, will ich noch drei Arbeiten aus dem Münchener histiologischen Laboratorium erwähnen, die den Ausgangspunkt meiner Studien bildeten, eine Mittheilung von *Kupffer*[3]), eine Dissertation von *Maley*[4]) und die schon angeführte Arbeit von *Boveri*. Die Resultate dieser Arbeiten waren hauptsächlich auf Grund von Längs- und Querschnitten durch in Osmiumsäure gehärtete Nervenstämmchen gewonnen. *Kupffer* und *Maley* suchten die Zusammensetzung des Axencylinders aus Fibrillen zu beweisen und nehmen als interfibrilläre Substanz Serum, keine feste oder festweiche Kittsubstanz an. Nach *Kupffer* enthält „der Axencylinderraum die Nervenfibrillen, die im Nervenserum flottiren. Ein irgend compacter ‚Axencylinder' ist ein Artefact". *Boveri* kommt an Längsschnitten zu dem Resultat, dass die Schwann'sche Scheide nicht continuirlich über den Schnürring hinwegzieht, sondern sich an diesem umschlägt, um auf dem Axencylinder dessen Scheide, das „innere Neurilemm" zu bilden, so dass die Schwann'sche Scheide „aus den aneinander gereihten, äusseren Blättern vollständig in sich geschlossener Membranen von der Form zweier concentrisch ineinander gesteckter, an beiden Enden ineinander übergehender, cylindrischer Röhren" besteht.

---

[1]) Nach *Pertik* sind myelogene Extracte solche Substanzen, welche die Fähigkeit besitzen, auf gewisse Einwirkungen eigenthümliche Formen — Myelinformationen — anzunehmen.

[2]) *Boveri*, Beiträge zur Kenntniss der Nervenfasern. Aus den Abhandl. der k. bayer. Akademie d. Wissensch. II Bl. XV. Bd. II. Abth. 1885.

[3]) *Kupffer*, über den Axencylinder markhaltiger Nervenfasern. Sitzungsber. der mathemat.-phys. Klasse d. k. bayr. Akad. d. Wissensch. 1883 Heft III.

[4]) *Maley*, zur Kenntniss der markhaltigen Nervenfaser. Inaugur.-Dissertat. München 1883.

Zu meinen Untersuchungen benützte ich ausser dem Ischiadicus der Katze hauptsächlich den des Frosches. Der Nerv wurde nach der von *Boveri* modificirten *Kupffer*'schen Methode in physiologischer Ausspannung nach *Ranvier* in Osmiumsäurelösung von $^1/_2$ % gebracht; nachdem er dort 4 Stdn. verweilt hatte, kam er ebenso lange in destillirtes Wasser und wurde dann in 90 % Alkohol nachgehärtet. Die in Säurefuchsin vorgenommene Färbung dauerte 24 Stunden, ebenso lange wurde der Nerv in absolutem Alkohol entfärbt und alsdann in kleinen Stückchen von mehreren Mm. Länge in Paraffin eingebettet. Die mit dem *Jung*'schen Mikrotom angelegten Längs- und Querschnitte durften nicht dicker als 2—4 μ sein. Dies ist die Angabe von *Boveri*, ich will aber gleich hinzufügen, dass ich mit einzelnen Modificationen ebenso gute, wenn nicht bessere Resultate erreicht habe. Die Färbung mit Säurefuchsin hat den grossen Nachtheil, dass sie eine fast zu intensive ist; durch das starke Leuchten, besonders bei der Untersuchung mit *Abbé*'scher Beleuchtung, können feinste Strukturelemente leicht verdeckt oder vorgetäuscht werden. Sonst ist die Färbung sehr schön und zeigt besonders die Fibrillen mit der grössten Deutlichkeit. Ich muss hier *Kupffer* und *Maley* gegenüber, die behaupten, dass nur in Säurefuchsin eine Färbung möglich sei, betonen, dass mir mit den verschiedensten Anilinfarben, z. B. mit Methylenblau, Vesuvin und Bismarkbraun und ausserdem mit saurem *Ehrlich*'schen Haematoxylin sehr schöne Färbungen gelungen sind. Besonders die Färbung mit Bismarkbraun, das aber 48 Stdn. in concentrirter Lösung wirken muss und nur 3—4 Stdn. in absolutem Alkohol ausgewaschen werden darf, gab wegen des durchsichtigen, nichts verdeckenden Farbentones schöne Bilder, speciell für den Axencylinder, während die tief dunkle Färbung der Schwann'schen Scheide durch saures Haematoxylin für das Studium der letzteren am Schnürring sehr geeignet war. Die in Haematoxylin gefärbten Stückchen müssen 24 Stdn. in destillirtem Wasser ausgewaschen werden. Bezüglich der Concentration der Erhärtungsflüssigkeit kann ich *Boveri* nicht ganz beistimmen, wenn er sagt, dass eine Osmiumsäurelösung von $^1/_2$—1,0 % nöthig sei, um die Markscheide unverändert zu conserviren; ich habe theilweise mit noch dünneren Lösungen von 0,05—0,1 % gearbeitet und diese entsprechend länger einwirken lassen, habe aber immer gefunden, dass in den äussersten Lagen des Nervenstämmchens die Markscheide ein vollständig

homogenes Aussehen darbot und an feinsten Längsschnitten bei Untersuchung mit stärkster Immersion nichts von feinen schwarzen Körnchen, die nach *Pertik* der Rest einer durchgemachten Myelinformation sein sollen, zu bemerken war. Sehr gute Dienste leistete mir auch eine Combination von Platinchlorid mit der Osmiumsäure, von der Art, dass meine Lösung 2 % Platinchlorid und 0,05 % Osmiumsäure enthielt. Für gewisse Zwecke benützte ich eine Mischung von Osmiumsäure und Argentum nitricum (1 % Silberlösung und 1 % Osmiumsäurelösung zu gleichen Theilen), die *Boveri* empfiehlt, selbst aber auf Nerven nicht angewendet zu haben scheint.

Meine Untersuchungen beziehen sich hauptsächlich auf Schwann'sche Scheide und Axencylinder; mit der Markscheide habe ich mich nur in soweit beschäftigt, als es eben meine Arbeit mit sich brachte. Zunächst also zur Schwann'schen Scheide. Ich habe schon gesagt, welche neue Ansicht *Boveri* darüber entwickelt. Die Ansichten früherer Beobachter können hier nur wenig in Betracht kommen, da eine so genaue Untersuchung, wie an der längs durchschnittenen Faser an der intacten ganz unmöglich ist. Zuerst schien auch mir das von *Boveri* erhaltene Bild richtig zu sein, bei genauerem Hinsehen bemerkte ich aber, dass die Schwann'sche Scheide doch ununterbrochen über den Schnürring hinwegzieht. (Fig. I.) [1]) Die Markscheide reicht nie bis ganz an den Schnürring heran, wie dies ja allgemein angenommen war. Fig. I stellt eine nicht ganz am Rande des Nervenstammes befindliche Faser dar, an welcher das Verhalten der Schwann'schen Scheide recht deutlich ist. Der Axencylinder scheint in der Mitte der Einschnürung eine kleine, breitbasig aufsitzende, nach der Schwann'schen Scheide sich zuspitzende Auflagerung zu besitzen, die dem Renflément biconique *Ranvier*'s entspräche. Dieses Verhalten habe ich fast an allen Schnürringen constatiren können. Meine Vermuthung, dass die erwähnte Auflagerung dem Axencylinder angehöre, wurde bestätigt durch Präparate wie in Fig. II, wo durch jedenfalls mechanische Einwirkungen die ununterbrochene Schwann'sche Scheide vom Axencylinder losgerissen ist. Vollständige Klarheit brachten erst die in Hämatoxylin gefärbten Nerven (Fig. III). Hier ist an der vollständig gut conservirten Faser die Schwann'sche Scheide tief dunkel gefärbt,

[1]) Die Tafeln finden sich in Band XX Neue Folge der „Verhandlungen der Physikalisch-medicinischen Gesellschaft zu Würzburg."

ebenso das Mark. In der Nähe des Schnürringes sieht man von der inneren Seite des Markes beiderseitig eine intensiv gefärbte Linie — die Axencylinderscheide — sich loslösen und im Bogen nach dem Schnürring zur Schwann'schen Scheide ziehen, die aber noch vor der Einschnürung erreicht wird. Es entsteht also eine Erhebung auf dem Axencylinder, die breit der Schwann'schen Scheide, deren Trennung im Schnürring nach diesem Bilde nicht aufrecht erhalten werden kann, anliegt. Nicht alle Fasern zeigen ein so ausgeprägtes Bild, aber an allen sieht man die Schwann'sche Scheide ununterbrochen. Dass die beschriebene Auflagerung der Substanz des Axencylinders angehört, beweist das Haften dieses Renflement an dem durch Eisessig herausgetriebenen Axencylinder von Silbernerven *(Kölliker)* [1]). Nach diesem Befunde kann man wohl nicht der Schwann'schen und Axencylinderscheide den Werth einer das Mark einschliessenden Zellenmembran geben und es handelt sich nur darum, ob die Scheide des Axencylinders im Schnürring sich an die Schwann'sche Scheide anlegt und continuirlich durch die Schnürstelle hindurchzieht, oder ob sie, gleich dem Mark, in einzelne Abschnitte zerfällt. Diese Frage kann ich mit Bestimmtheit nicht entscheiden, doch hat es den Anschein, da die Schwann'sche Scheide am Schnürring nicht verdickt erscheint, als ob die intercalären Segmente der Axencylinderscheide in keinem directen Zusammenhang mit einander ständen. Hierfür spricht auch das Verhalten bei Wassereinwirkung, das *Boveri* ganz richtig geschildert hat. Beobachtet man einen Schnürring im Anfang der Wassereinwirkung, so sieht man den Markstrom eine Stauung erleiden. Nachdem eine gewisse Menge Mark angestaut ist, bricht der Strom durch die Axencylinderscheide, ergiesst sich aber nicht in den nächsten Markraum, sondern bahnt sich einen Weg zwischen Markscheide und Axencylinder, wo man ihn noch ziemlich weit verfolgen kann. Ferner konnte ich mit ziemlicher Sicherheit an mit Eisessig herausgetriebenen Axencylindern die Axencylinderscheide erkennen, besonders wenn der Eisessig bald ausgewaschen und mit irgend einer Anilinfarbe z. B. Dahlia nachgefärbt wurde oder direct mit stark essigsaurer Dahlialösung herausgetrieben und dann mit physiologischer Kochsalzlösung nachgespült wurde. Dieses Haften der Scheide an dem

---

[1]) *Kölliker*, histologische Studien an Batrachierlarven. Zeitschr. für wissenschaftl. Zoologie. Bd. 43.

colossal verlängerten Axencylinder ist doch nur erklärbar, wenn die Scheide aus einzelnen Abschnitten besteht, besonders da die Scheide immer nur an einzelnen Stellen zu constatiren war. In der weiter oben beschriebenen Weise konnte ich die Axencylinderscheide an allen gefärbten Schnittpräparaten erkennen; an dem nicht gefärbten Silber-Osmiumpräparat (Fig. VI.) ist sie vermuthlich auch vorhanden, aber wegen ihrer Zartheit und Durchsichtigkeit im Damarlack nicht zu sehen.

Was der zwischen Mark und Schwann'scher Scheide am Schnürring übrig bleibende kleine Hohlraum enthält, kann ich mit Sicherheit nicht entscheiden, doch möchte ich annehmen, dass es Serum ist, und zwar aus folgenden Gründen:

1) Wir müssen wohl noch immer mit *Ranvier* vermuthen, dass die Einschnürung die Ernährungsstelle der Faser ist und dass die Ernährung durch Serum vor sich geht. Dann wäre also anzunehmen, dass das Serum zunächst diesen kleinen Raum erfüllt und durch die Axencylinderscheide in das Innere des Axenraumes eindringt.

2) Für gewöhnlich erscheint an mit Fuchsin, Bismarkbraun und Haematoxylin gefärbten Präparaten dieser Raum vollständig ungefärbt und leer; nur an einzelnen wenigen habe ich feine Fäden in geringer Anzahl gesehen, die sich von der Schwann'schen Scheide zur Axencylinderscheide ausspannten. Diese Fäden dürften die geringen festen Bestandtheile des Serum darstellen.

Fragen wir nun, woher kommen die verschiedenen Resultate meiner Untersuchungen, und der von *Boveri*, so glaube ich, dass jedenfalls die Fuchsinfärbung den grössten Theil der Schuld trägt. Die Bilder, die man mit Fuchsin erhält, sind äusserst glänzend und bestechend, aber Fibrillen, Axencylinder- und Schwann'sche Scheide sowie die Henle'sche Scheide färben sich so gleichmässig intensiv roth, dass nicht der geringste Farbenunterschied zwischen diesen Elementen ist. Ferner nimmt auch die Markscheide einen tief dunklen, rothen Farbenton an, den ich auf sämmtlichen Abbildungen *Boveri*'s vermisse, der aber, besonders bei starker Beleuchtung, sehr leicht zu Irrthümern führen kann. Bilder wie Fig. III hat *Boveri* jedenfalls gar nicht zu Gesicht bekommen, denn nach diesen erscheint seine Ansicht unhaltbar.

Was die Kerne der Schwann'schen Scheide anbetrifft, so habe ich zwischen zwei Schnürringen immer nur einen gesehen,

und muss annehmen, dass *Adamkiewicz*,[1]) der in einem ganz kurzen Stückchen einer Faser 5 Kerne abbildet, die allerdings zahlreichen Kerne der Henle'schen Scheide der Schwann'schen Scheide zurechnet. Diese Annahme wird noch wahrscheinlicher, wenn man bedenkt, dass *Adamkiewicz* ausschliesslich mit Müller'scher Flüssigkeit arbeitete und wenn man seine Abbildungen mit den ausgezeichneten Bildern, die *Key* und *Retzius* geben, vergleicht. Die von *Adamkiewicz* entdeckten, neuen morphologischen Bestandtheile des peripherischen Nervensystems, die „Nervenkörperchen", sind von *Vignal*[2]) richtig als das den Kernen der Schwann'schen Scheide anliegende Protoplasma erkannt worden.

Mit *Boveri* glaube ich, dass dasjenige, was von früheren Forschern als Axencylinderscheide, Axolemm, innere Hornscheide u. s. w. beschrieben worden ist, mit der am Schnürring sichtbar werdenden, inneren Membran identisch ist; ganz besonders ist wohl die Angabe *Ranvier's*, vom Umschlagen der die innere Seite der Schwann'schen Scheide bekleidenden Protoplasmaschicht auf den Axencylinder hierauf zu beziehen. Ich habe weder an der Schwann'schen Scheide noch am Axencylinder der Faser des ausgewachsenen Frosches, wie der Katze die geringste Spur von Protoplasma — mit Ausnahme des an den Kernen befindlichen — durch die verschiedensten Behandlungsmethoden entdecken können und dasselbe berichtet *Maley*[3]).

Gehen wir nun zur Markscheide über, so muss ich zunächst noch einmal die gute Conservirung und Fixation durch richtige Anwendung der Osmiumsäure betonen — allerdings mit einer kleinen Beschränkung. Auf Querschnitten findet man neben ganz runden Fasern auch sehr viele eckige, polygonale Formen und das ganz besonders am Rande des Nervenstämmchens, wo die Osmiumsäure am stärksten gewirkt hat. Da nun doch jedenfalls die ursprüngliche Form der Faser die runde ist, wie wir dies jederzeit am frischen Präparat sehen, so können wir eine wenn auch sehr geringe Veränderung der Markscheide durch die Osmiumsäure nicht abläugnen. Ich halte diese Formveränderung

---

1) *Adamkiewicz*, die Nervenkörperchen. Aus dem XCI. Bd. d. Sitzb. d. kais. Akad. d. Wissensch. III. Abth. März-Heft 1885.

2) *Vignal*, les corpuscules nerveux de *Adamkiewicz*, comptes rendus hebdomaires de la société de biologie. 1886. No. 9

3) *Maley*, l. c.

für die Folge einer leichten Aufquellung des Markes und zwar aus folgendem Grunde. An sonst sehr gut erhaltenen Fasern, d. h. an solchen, in denen die Fibrillen den ganzen Axenraum gleichmässig ausfüllen, sieht man bisweilen eine kugelförmige Auflagerung auf der inneren Seite der Markscheide (Fig. IV), die, wie andere Bilder (Fig. V) lehren, nichts anderes darstellt, als eine Einstülpung der Markscheide in den Axenraum. Die Schwann'sche Scheide sieht man bisweilen über die Einstülpung hinwegziehen, sie haftet also nicht am Mark und ist jedenfalls in sofern die Ursache der erwähnten Erscheinung, als sie dem quellenden Mark eine Ausdehnung nach aussen nicht gestattet. An vollständigen Fasern und an Längsschnitten (Fig. VI) sieht man sehr oft diese Einbuchtung als Längsfalte, ganz besonders in der Nähe des Schnürringes, jedenfalls weil da die Osmiumsäure in das Innere des Axenraumes eindringt und das Mark von beiden Seiten angreift. Die geringe Aufquellung des Markes geht bei der weiteren Einwirkung der Osmiumsäure wieder zurück, da meine Messungen an frischen und an gefärbten Nerven vollständig gleiche Resultate ergeben. Die *Lantermann*'schen Einkerbungen habe ich an dem, nach der *Cohnheim*'schen Methode präparirten Mesenterium mit homogener Immersion nicht bemerken können; ich schliesse mich also der Ansicht von *Hans Schultze* und *Kölliker* an, dass sie an der unverletzten, lebenden Faser nicht sichtbar sind. Wenn so eine Trennung an der lebenden Faser auch nicht vorhanden ist, so halte ich diese Bildungen doch für präformirt, besonders da ich an einzelnen Längsschnitten von Fasern, die mehr der Mitte eines Nervenstämmchens entstammten, die Zwischenmarkscheide *Kuhn*'s konstatiren konnte. An vollständig gut conservirten Fasern habe ich sie niemals gesehen, vermuthlich weil sie durch die intensive Färbung der Markscheide, die sich in allen Farben sehr stark tingirte, verdeckt wurde. Jedenfalls ist aber diese Zwischenmarkscheide eine äusserst zarte Bildung, da sie beim Ausströmen des Markes unter Wassereinwirkung einen nur sehr geringen Widerstand bietet und im ausströmenden Mark in ihrer Lage bleibt.

Die Messung der Dicke der Markscheide an frischen und in Osmiumsäure gehärteten Nerven gab mir ziemlich genau dieselben Resultate, wie *Maley;* für starke Fasern durchschnittlich

a) ganze Faser	10,5 μ
b) Markscheide	1,5 μ

für feine Fasern

a) ganze Faser	4,6 μ
b) Markscheide	1,0 μ Dicke.

Wir finden also die Markscheide bei feineren Fasern verhältnissmässig viel dicker, als bei starken.

Die von *Mauthner* beschriebene lamellöse „zwiebelschalenartige" Schichtung der Markscheide braucht wohl nicht erst als Kunstprodukt der Chromsäure bezeichnet zu werden. Es ist überhaupt wunderbar, dass zur Erforschung feinster Structurelemente der Nervenfaser noch immer Chromsäure und deren Salze verwendet werden; ausser zur Darstellung der Schwann'schen Scheide, der Kerne und vielleicht der Scheide des Axencylinders sollten diese Reagentien bei der Untersuchung der Nervenfaser überhaupt nicht mehr benützt werden. Fast alle Irrthümer in der Erkenntniss unseres Gewebes entstammen dem allzugrossen Vertrauen, das man in gewisse Reagentien, besonders Chromsäure, Alcohol und Argentum nitricum setzte und wenn auch nur die bedeutende Vollendung der Technik die weitere Entwicklung unserer Kenntniss ermöglichte, so leistet diese Technik doch nur in den Händen äusserst kritischer Forscher wirklich Gutes, während sie bei dem allzusehr Vertrauenden eine unversiegliche Quelle der bedauerlichsten Irrthümer bildet.

Der am meisten bestrittene und untersuchte Theil der Nervenfaser, der Axencylinder, ist nach seiner chemischen Beschaffenheit im Jahre 1850 von *Kölliker*[1]) als „eine vom Faserstoff verschiedene, feste Proteïnverbindung" bestimmt worden und ich kann gleich sagen, dass wir bis jetzt noch nichts genaueres darüber wissen. Die verschiedenster Untersuchungen, so die von *Rumpf*, *Boll*, *Hesse* und Anderen haben wohl die eine oder andere Reaction neu aufgestellt oder bestritten, aber etwas wesentlich Neues haben sie nicht gebracht. Die Ansicht *Rumpf*'s[2]), dass sich der Axencylinder, in Wasser löst, ist schon von *Hesse*[3]) widerlegt worden und ich kann *Hesse* nur beistimmen, wenn er die von *Kölliker* festgestellte Unlöslichkeit des Axencylinders in Wasser bestätigt. In den meisten Reagentien schrumpft der Axencylinder sehr stark und die fast allgemein verbreitete An-

---

[1]) *Kölliker*, l. c.
[2]) *Rumpf*, l. c.
[3]) *Hesse*, l. c.

sicht vom Axencylinder, als von einem schmalen Bande resp. Cylinder, sowie von einem „periaxialen Raum“ zwischen Axencylinder und Markscheide *(Klebs*[1]*)*, ist eine Folge der Schrumpfungsbilder, die man durch die Behandlung mit Chromsäure und Alkohol erhält. Dass der Axencylinder der Markscheide eng anliegt, ist schon von seinem Entdecker *Remak* behauptet und später von *Ranvier* und Anderen bestätigt worden. Die fibrillare Structur, die von *Max Schultze* zuerst gefunden, von *Hans Schultze* vertheidigt wurde, ist nach den neueren Untersuchungen von *Engelmann*, *Kupffer*, *Maley*, *Boveri* und *Kölliker* vollkommen gesichert und der Einwurf *Kuhnt*'s, dass durch Falten der Axencylinderscheide Fibrillen vorgetäuscht würden, ist durch die ausgezeichnete Methode *Kupffer*'s, nach welcher Längs- und Querschnitte durch in Osmiumsäure gehärtete Nerven angefertigt werden, vollständig widerlegt. Auch an Silbernerven ist oft eine fibrilläre Zeichnung unverkennbar, wenn ich auch nie Fibrillen von solcher Dicke gesehen habe, wie sie *Engelmann* abbildet. Wie ich schon gesagt habe, gelangen mir schöne Färbungen der Fibrillen ausser mit Fuchsin auch mit Bismarkbraun und saurem Haematoxylin. An gut gehärteten Präparaten waren die Fibrillen von gleicher Stärke und gleichmässig über den ganzen Axenraum verbreitet, so dass der gesammte Inhalt dieses Raumes als Axencylinder aufgefasst und bezeichnet werden muss. Auf Längsschnitten zeigen die Fibrillen eine ganz leichte, wellige Schlängelung, die nach *Hans Schultze* auch am lebenden Object bemerkbar ist. Ich habe an der lebenden Nervenfaser keine Längsstrichelung sehen können, doch standen mir auch keine so günstigen Objecte wie Salamanderlarven zur Verfügung; ich habe also keinen Grund, an den ausgezeichneten Beobachtungen *Hans Schultze*'s zu zweifeln.

In den mit Bismarkbraun gefärbten Längs- und Querschnitten liegen die dunkel gefärbten Fibrillen in einer vollständig homogenen, deutlich hellbraun gefärbten Substanz eingebettet und lassen zwischen sich ungefähr eben soviel Raum, als ihre eigene Dicke beträgt. An Haematoxylinpräparaten erscheint die Zwischensubstanz matt graublau, während die Fibrillen viel dunkler gefärbt sind. Es handelt sich nun darum, woraus diese Zwischen-

---

[1]) *Klebs*, Archiv f. pathol. Anat. u. Physiolog. Bd. XXXI.

substanz besteht. *Kupffer*[1]) nimmt an, dass die Fibrillen frei im „Nervenserum" flottiren, ohne indessen einen irgendwie stichhaltigen Grund für seine Ansicht anzugeben, denn dass die Fibrillen einen gewissen, relativ grossen Abstand von einander haben, dass der Axencylinder bei Einwirkung gewisser Reagentien stark schrumpft, kann wohl nicht als beweisend angesehen werden. Die Angabe *Kupffer*'s, dass man durch 5% Salpetersäure einen beweglichen, flockigen Niederschlag im Axenraum erzeugen kann, kann ich nicht bestätigen; mir ist es absolut nicht gelungen, doch glaube ich, dass hierauf nicht allzuviel Werth zu legen ist, da bei einer gallertigen Consistenz des Axencylinders jedenfalls auch eine Bewegung feinster Theile desselben möglich ist. *Maley* hält das Herausfallen kleiner Stücke des Axencylinders aus Querschnitten für einen Grund, welcher gegen eine festere Consistenz des Axencylinders spricht. Nun ein Querschnitt von 2—4 μ Dicke ist ein so feines und empfindliches Object, dass auch bei einem ziemlich festen Zusammenhang der Theile durch geringe mechanische Insulte, die ja beim Schneiden und Einlegen nie ganz vermieden werden können, eine Trennung und Zerreissung stattfinden kann.

Ich für mein Theil muss unbedingt für einen festweichen Axencylinder d. h. für eine Bindung der Fibrillen aneinander durch eine, allerdings ziemlich wasserreiche Substanz eintreten. Einen Theil der Gründe, die hierfür sprechen, hat *Kölliker*[2]) schon angegeben und zwar

1) ist es möglich, den Axencylinder auf ziemliche Strecken aus peripheren Nerven, wie aus dem Rückenmark und Gehirn zu isoliren und in indifferenten Flüssigkeiten, wie Kochsalzlösung, humor aqueus u. s. w. zu untersuchen. An solchen Präparaten erscheint er als vollständig scharf begrenzte Faser, von einem Flottiren der Fibrillen ist niemals etwas zu sehen, ja nicht einmal von einem noch so geringen Auseinanderweichen am Ende. Die Möglichkeit, dass der Axencylinder neben den Fibrillen aus einer spontan coagulirbaren Flüssigkeit bestände, nimmt *Kupffer* nicht für wahrscheinlich an und *Kölliker* weist sie absolut zurück, da er nachgewiesen hat, dass es der einzige im Körper vorkommende spontan gerinnende Stoff, das Fibrin, nicht sein

[1]) *Kupffer*, l. c.
[2]) *Kölliker*, l. c.

kann. Ich kann noch hinzufügen, dass an Präparaten, an denen neben dem Nervenstämmchen sich noch Querschnitte von mit Plasma und Blutkörperchen gefüllten Gefässen befanden, das wenig geschrumpfte Plasma, speziell bei der Behandlung mit Säurefuchsin eine tief dunkelrothe Färbung annahm, während daneben die zwischen den Fibrillen befindliche Substanz absolut farblos war. Aehnlich verhielt es sich an den anders gefärbten Präparaten. Wollte man nun einwenden, dass die Fibrillen durch die Axencylinderscheide zusammengehalten würden, so ist zu bedenken, dass diese Scheide eine äusserst feine Membran ist, die beim Zerzupfen doch nicht jedesmal an derselben Stelle zerreissen würde, wie der Axencylinder, besonders wenn der letztere zum grossen Theil aus einer Flüssigkeit besteht;

2) spricht das Hervorquellen der Axencylinder beim Betupfen eines lebenden Nerven mit Eisessig sehr für die Annahme eines festeren Axencylinders. Die auf diese Weise herausgetriebenen Axencylinder sind von ganz bedeutender Länge und im Querdurchmesser, wie ich ausdrücklich betonen muss, wenig oder gar nicht gequollen. Genau liess es sich in diesem Falle nicht constatiren, ob eine Quellung vorlag, da bei Messungen immer nur der Axencylinder, niemals aber die ganze Faser gemessen werden konnte. Dass durch Essigsäure hier eine Gerinnung hervorgerufen wäre, ist nicht anzunehmen, da in derselben der Axencylinder quillt und beim Kochen sich löst. Ich muss an dieser Stelle auf einen Vorgang aufmerksam machen, der gewisse Schlüsse auf die Consistenz des Axencylinders zu gestatten scheint. Behandelt man ein noch mit geronnenem Blut gefülltes kleines Gefäss auf dem Objectträger mit Eisessig, so quillt der Inhalt desselben in ähnlicher Weise, wie die Axencylinder beim Nerven, in Form eines ziemlich dicken Fadens heraus. Die Blutkörperchen nehmen dabei an Grösse fast gar nicht zu, so dass die Quellung grösstentheils auf Rechnung des Plasma zu setzen ist. Da nun sicher nachgewiesen ist, dass die interfibrilläre Substanz Plasma nicht ist, so wäre anzunehmen, dass die Fibrillen in eine Substanz eingebettet sind, die schon im lebenden Zustand ein dem geronnenen Plasma ähnliches Verhalten und Consistenz zeigt. Dass zwischen den Fibrillen wirklich eine Zwischensubstanz vorhanden ist, zeigt die schwache, aber deutliche Färbung, die bei Bismarkbraun hellbraun, bei Haematoxylin graublau und bei Säurefuchsin bisweilen rosaroth erscheint *(Maley)*.

Wollte man nun annehmen, dass die Fibrillen im Serum flottiren, so ist es doch höchst unwahrscheinlich, dass eine Flüssigkeit, die so wenig feste Bestandtheile enthält, wie Serum, durch irgend welche Reagentien derart zur Gerinnung gebracht werden könnte, dass sie den ganzen von den Fibrillen übrig gelassenen Raum gleichmässig ausfüllt, es wäre vielmehr zu erwarten, dass der Inhalt des Axenraumes bei jeder Behandlung schrumpfen müsste, wovon doch an gut conservirten Fasern keine Spur zu bemerken ist. Dass die interfibrilläre Substanz reich an Wasser ist, das ist ja erwiesen durch die Schrumpfung in den meisten Reagentien, doch darf man wohl annehmen, dass sie zum mindesten ebensoviel feste Bestandtheile enthält, wie das Plasma, da dieses letztere in Osmiumsäure nur sehr wenig oder gar nicht schrumpft.

Gegen *Maley*, der das Herausfallen kleiner Stückchen des Axencylinders aus Querschnitten als Grund angibt, der gegen eine festere Consistenz spricht, muss ich hier ausdrücklich bemerken, dass ich an vielen Präparaten gerade das Gegentheil gefunden habe. An Längs- und Querschnitten, an denen durch das Schneiden die Markscheide zerrissen war, hielten die an den Bruchstücken haftenden Fibrillen (Fig. VII.) fest aneinander und bildeten auch am ungefärbten Präparat eine ganz scharfe Contour. Wenn ich auch nicht bestreite, dass durch irgend welche mechanische Einwirkung auch aus der unverletzten Markscheide ein Theil der Fibrillen herausgestossen werden kann, so waren doch die von mir beschriebenen Fälle bei weitem häufiger. Die Entwicklungsgeschichte, in welcher ich mich auf die Angaben *Vignal*'s[1]) verlasse, bestätigt die Annahme einer festeren Zwischensubstanz. *Vignal* sieht die Nerven als feinste Fibrillen vom Centrum aus sich entwickeln; sie sind umgeben und verbunden durch eine homogene Grundsubstanz. *Vignal*, der äusserst sorgfältig untersuchte, hat von einer flüssigen, interfibrillären Substanz nichts bemerkt, was um so mehr für meine Annahme spricht, als die embryonalen Nerven im Anfange noch gar keine Scheide besitzen.

Schliesslich muss ich noch eine Thatsache erwähnen, die sehr für die Verkittung der Fibrillen mit einander spricht, nämlich das Zerreissen des Axencylinders, das meist in einer Ebene erfolgt. Ich will hier ganz vom Schnürring absehen und nur

---

1) *Vignal*, Memaine sur le dénelappement des tubes nerveux chez les embryons de mammifères. Arch. de phys. 1883 Nr. 4.

das Zerreissen innerhalb eines intraannulären Segmentes besprechen. Versucht man ein Bündel irgend welcher, gleich starker Fäden, z. B. Seidenfäden zu zerreissen, so wird man immer finden, dass der eine Faden hier, der andere da reisst, niemals aber werden die Trennungsstellen in einer Ebene liegen. Verklebt man dagegen durch ein Bindemittel die Fäden miteinander, so werden beim Zerreissen resp. Zerbrechen die Fäden alle an einer Stelle reissen und zwar um so sicherer, je fester das Bindemittel ist resp. wenn es mindestens ebenso fest ist, als die Fäden. Uebertragen wir nun die Schlüsse, die man aus diesem Versuche ziehen kann, auf den Axencylinder, so müssten, wenn die Fibrillen im Serum flottirten, diese an den verschiedensten Stellen reissen, niemals aber könnten sie alle in einer Fläche zerreissen, wie es doch thatsächlich der Fall ist. Es ist also hiernach sicher eine Kittsubstanz anzunehmen, die die Fibrillen miteinander verbindet und zwar dürfte, da letztere sehr weich und zart sind, auch die Kittsubstanz von weicher Consistenz sein, was ja ihrem Verhalten den meisten Reagentien gegenüber entspräche. Auch an Rissstellen des Axencylinders, die bisweilsn bei unverletzter Markscheide in einem intraannulären Segment vorkommen, wo man also an eine Gerinnung durch die Untersuchungsflüssigkeiten nicht denken kann, sieht man an ganz lebensfrischen Nerven scharf begrenzte Rissflächen

Dass am Schnürring häufiger als an anderen Stellen der Axencylinder zerreisst, erklärt sich einestheils leicht daraus, dass an dieser Stelle die Fibrillen einander genähert sind und weniger Kittsubstanz vorhanden ist, in Folge dessen der Axencylinder im Schnürring am dünnsten ist, anderntheils aus dem Fehlen der schützenden Markscheide. Die Ansicht *Engelmann*'s, dass an den Einschnürungen präformirte Discontinuitäten des Axencylinders vorhanden sind, ist schon von verschiedenen Seiten, besonders von *Boveri* und *Kölliker* widerlegt worden und auch nach meiner Meinung unhaltbar.

In erster Reihe hat *Engelmann*, wie dies auch *Boveri* betont, die Entwicklungsgeschichte vollständig unberücksichtigt gelassen. Die Untersuchungen von *Kölliker*, *Remak*, *Bidder* und *Kupffer*, sowie die späteren von *Rouget*[1]) haben gezeigt, dass die Axen-

[1]) *Rouget*, Observations sur le développement des nerfs périphèriques chez les larves de batraciens et de salamandres, comptes rendus T. 74 Nr. 5.

cylinder vom Centrum aus nach der Peripherie als feine Fäden sich entwickeln. An eine Zusammensetzung aus Segmenten wäre nur dann zu denken, wenn die Axencylinder aus einzelnen Zellen sich in loco entwickelten, zu welcher Annahme nichts berechtigt. Sodann lässt sich *Engelmann* durch die allerdings sehr trügerische Silberbehandlung täuschen. Er sagt S. 212: „In der Mitte der Einschnürung hat sich eine fast undurchsichtige, etwa 1 μ dicke Scheibe quer durch den ganzen Axencylinder gebildet, der dadurch in zwei völlig getrennte Abschnitte zerlegt erscheint.“ Er verwahrt sich ausdrücklich dagegen, dass eine den Axencylinder umhüllende dunkle Zone das Vorhandensein einer Querscheibe vortäusche. Ich habe nun Längsschnitte durch mit Silber und Osmiumsäure gleichzeitig behandelte Nervenstämmchen angelegt und habe überall gefunden, dass der Silberniederschlag allerdings zwischen die Fibrillen eindringt, habe aber selbst bei 4stündiger Einwirkung nie eine, den Axencylinder in zwei Theile zerlegende Schicht gesehen (Fig. VI.). Ausserdem kann man an allen Schnürringen die Fibrillen ununterbrochen hindurchziehen sehen und bemerkt auch an den gefärbten Präparaten in der interfibrillären, schwach gefärbten Substanz nicht das Geringste von einem Kitt, der die Abschnitte des Axencylinders mit einander verbände.

Die vollständige Homogenität der interfibrillären Substanz muss ich *Hans Schultze* gegenüber, der eine körnige Zwischensubstanz annimmt, hervorheben. Eine Granulirung dieser Substanz ist lediglich eine Folge der angewendeten Reagentien. Auch eine stahlblaue Färbung mit Silber konnte ich an den, nach der von mir angegebenen Methode hergestellten Präparaten nicht constatiren; allerdings waren einige Körnchen Silberniederschlag in der Nähe des Schnürrings zu bemerken, aber ich glaube, dass hier die Ursachen, die den Niederschlag am Schnürring verursachen, noch ihren Einfluss geltend machen. Die Ansicht *Arndt*'s[1]), welcher die Fibrillen der anderen Autoren als homogene Zwischensubstanz und die körnig interfibrilläre Substanz für in Reihen angeordnete „Elementarkörperchen“ ansah, ist natürlich vollständig unhaltbar. Denn abgesehen davon, dass die interfibrilläre Substanz in unverändertem Zustande gar nicht körnig ist, zeigt ein Blick auf Quer- und Längsschnitt durch gut conservirte Fasern, dass wir es hier mit wirklichen, scharf

[1]) *Arndt* l. c.

begrenzten Fibrillen zu thun haben. Kerne habe ich im Axencylinder nie gesehen und glaube auch nicht, dass solche in irgendwie regelmässiger Weise vorkommen. Sicher ist aber das, was *Adamkiewicz*[1]) für Kerne des Axencylinders erklärt, nichts als ein Kunstproduct der *Müller*'schen Flüssigkeit. Der Axencylinder schrumpft in der Chromsäure und deren Salzen oft recht ungleichmässig, so dass absolut kein Recht dazu vorhanden ist, eine etwas dickere Stelle als „Kern" zu bezeichnen.

Fassen wir nun die Resultate vorstehender Untersuchungen in wenigen Worten zusammen, so ergiebt sich:

1) Die Schwann'sche Scheide stellt ein allseitig geschlossenes Rohr dar, das auch am Schnürring keine Unterbrechung erleidet. Zwischen zwei Einschnürungen besitzt die Schwann'sche Scheide immer nur einen Kern. Die Scheide des Axencylinders besteht aus intraannulären Segmenten, die vermuthlich in keinem directen Zusammenhang untereinander stehen.
2) Der Axencylinder ist ein Gebilde von festweicher Consistenz. Die Fibrillen desselben flottiren nicht im Serum, sondern sind durch eine homogene Zwischensubstanz verbunden, deren Festigkeit ungefähr der der Fibrillen entsprechen dürfte. Discontinuitäten des Axencylinders am Schnürring sind künstlich hervorgerufen.
3) Kerne des Axencylinders sind absolut nicht erwiesen.

Schliesslich ist es mir eine angenehme Pflicht, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Geheimrath Professor Dr. *v. Kölliker*, unter dessen Leitung und mit dessen Unterstützung ich diese Untersuchungen ausgeführt habe, meinen tiefgefühltesten Dank auszusprechen, ebenso Herrn Prosector Dr. *Schultze*, der mir stets rathend und helfend zur Seite stand.

---

[1]) *Adamkiewicz* l. c.